

10/538731

JC17 Rec'd PCT/PTO 13 JUN 2005
510.1137

IN THE UNITED STATES PATENT & TRADEMARK OFFICE

Re: Application of: Stefan LINDENMEIER, et al.
Serial No.: To Be Assigned
Filed: Herewith as national phase of International Patent
Application PCT/EP2003/013546, filed December 2, 2003
For: **MULTI-TARGETING METHOD AND MULTI-
TARGETING SENSOR DEVICE FOR LOCATING
SHORT-RANGE TARGET OBJECTS IN TERMS OF
DISTANCE AND ANGLE**

Mail Stop: PCT
Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

June 13, 2005

LETTER RE: PRIORITY

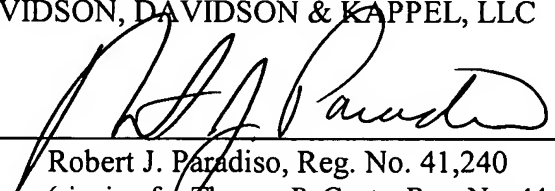
Sir:

Applicant hereby claims priority of German Application Serial No. DE 102 58 367.6,
filed December 12, 2002 through International Patent Application Serial No.
PCT/EP2003/013546, filed December 2, 2003.

Respectfully submitted,

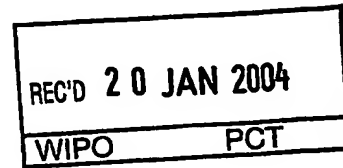
DAVIDSON, DAVIDSON & KAPPEL, LLC

By


Robert J. Paradiso, Reg. No. 41,240
(signing for Thomas P. Canty, Reg. No. 44,586)

Davidson, Davidson & Kappel, LLC
485 Seventh Avenue, 14th Floor
New York, New York 10018
(212) 736-1940

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)



**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung**

Aktenzeichen: 102 58 367.6

Anmeldetag: 12. Dezember 2002

Anmelder/Inhaber: DaimlerChrysler AG, Stuttgart/DE

Bezeichnung: Mehrzielfähiges Verfahren und mehrzielfähige
Sensorvorrichtung für die Abstands- und
Winkelortung von Zielobjekten im Nahbereich

IPC: G 01 S, H 01 Q

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 21. Oktober 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Wegner

DaimlerChrysler AG

Farago/Finkele

Mehrzielfähiges Verfahren und mehrzielfähige Sensorvorrichtung für die Abstands- und Winkelortung von Zielobjekten im Nahbereich

Technisches Gebiet der Erfindung

- 5 Die vorliegende Erfindung betrifft allgemein ein mehrzielfähiges Verfahren und eine mehrzielfähige Sensorvorrichtung für die Abstands- und Winkelortung von Zielobjekten im Nahbereich. Spezieller erläutert, betrifft die vorliegende Erfindung eine mehrzielfähige Radar-Sensorvorrichtung für die
- 10 Abstands- und Winkelortung von Zielobjekten im Nahbereich und ein Verfahren zum Betreiben einer derartigen mehrzielfähigen Radar-Sensorvorrichtung.

Stand der Technik

- 15 Die Positionsbestimmung von Zielobjekten, deren Abstand gegenüber den Abmessungen einer Messeinrichtung groß ist, kann unter anderem mit herkömmlicher Radartechnik durchgeführt werden. Dabei soll Abstand und Richtung (Winkel) eines
- 20 zu erfassenden Zielobjekts bestimmt werden. Zur Bestimmung der Richtung wird eine schmale Strahlkeule eines Radars geschwenkt. Für die Erzeugung der schmalen Strahlkeule sind Antennen oder Antennengruppen mit hoher Richtwirkung vonnöten, deren Abmessungen ein Vielfaches der Wellenlänge des
- 25 Radars betragen.

Das vorstehend geschilderte Radar ist insofern nachteilig, da es relativ teuer ist und einen hohen Bauraumbedarf aufgrund großer Antennenaperturen hat.

- 5 Alternativ dazu wurden im Stand der Technik Radar-Sensoren für die Bestimmung der Position eines Zielobjekts entwickelt, welche über Triangulation eine Winkelaussage liefern.

10 Um jedoch eindeutige Winkelaussagen zu bekommen, ist es nötig, deutlich mehr als zwei Sensorelemente in verschiedenen Abständen anzubringen, um Geisterziele zu vermeiden. Geisterziele bedeuten, dass es nach der Detektion der Abstände mehrerer Ziele an mehreren Sensorelementen mehrere Lösungen gibt, wie die einzelnen Abstandswerte miteinander kombiniert werden können, um auf die Lage der Zielobjekte zu schließen.

Ein derartiges Problem der Geisterziel-Detektion ist aus der Fig. 1 ersichtlich, in der die mehrdeutige Auswertung der Abstandsinformationen, welche an den Sensorelementen vorliegen, gezeigt wird, für den Fall, dass zwei Sensorelemente 1 und 2 eingesetzt werden. Die Geisterziele liegen an den Schnittpunkten der Kreisbögen, die durch die jeweiligen zu erfassenden Zielobjekte von den Sensorelementen 1 und 2 aus (als Mittelpunkt) gezeichnet werden. Somit erfolgt gemäß dem Beispiel der Fig. 1 eine Verdopplung der Zielobjekte.

Darüber hinaus hat sich bei der Triangulation als nachteilig erwiesen, dass bei großem Abstand der Zielobjekte gegenüber dem Abstand der Sensorelemente die Winkelauflösung extrem ungenau wird.

Zusammenfassung der Erfindung

Daher ist es eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung die

Nachteile der Triangulation zu vermeiden und ein mehrziel-
fähiges Verfahren und eine mehrzielfähige Sensorvorrichtung
für die Abstands- und Winkelortung von Zielobjekten im Nah-
bereich zur Verfügung zu Stellen, bei dem bzw. der die Gefahr
5 der Geisterzielerfassung nicht besteht.

Dieses Problem sowie weitere der nachstehenden Beschreibung
zu entnehmenden Probleme werden durch ein mehrzielfähiges
Verfahren und eine mehrzielfähige Sensorvorrichtung für die
10 Abstands- und Winkelortung von Zielobjekten im Nahbereich
gemäß den anliegenden Ansprüchen gelöst.

Das erfindungsgemäße mehrzielfähige Radar für die Angabe von
Abstand und Richtung mehrerer Zielobjekte umfasst mindestens
15 ein Sensorelement, das ein charakteristisches Signal (z. B.
FMCW, Impuls oder Pseudo-Noise) ausstrahlt, wobei das charak-
teristische Signal nach Reflexion an den zu ortenden Zielob-
jekten an zwei oder mehreren Empfängern ausgewertet wird, de-
ren Antennen zueinander benachbart sind. Vorzugsweise liegt
20 der Abstand zwischen den Antennen im Bereich der Wellenlängen
der Sensorelemente. In der Auswertung werden die Abstände der
Zielobjekte konventionell gewonnen, wobei jedem gemessenen
Zielobjekt-Abstand nun ein Phasenunterschied zwischen den
Signalen an den Empfängern und somit die Richtung der Zielob-
25 jekte eindeutig zugeordnet werden kann. Jedes Sensorelement
dieser Art ist somit trotz der kleinen Antennengruppe von
zwei oder mehr Antennen mehrzielfähig, sofern in jedem Ab-
standsbereich nur ein Zielobjekt enthalten ist.

30 Nach einem weiteren besonders bevorzugten Aspekt der Erfin-
dung können, um für alle Zielobjekte ausnahmslos eindeutige
Winkelaussagen zu bekommen, zwei oder mehrere erfindungsge-
mäßige Sensorelemente eingesetzt werden, welche in einem Ab-
stand voneinander angebracht werden, welcher größer ist als

die Abstandsauflösung der Sensorelemente. Damit ist die Sensorvorrichtung komplett mehrzielfähig, da die Einschränkung, dass jedes Zielobjekt einen anderen Abstand zum Sensorelement besitzt, immer für zwei Sensorelemente gilt. Es sind nur
5 wenige, Sensorelemente nötig, welche einfach aufgebaut sind, da weder mechanische Schwenkung, noch Antennen mit großer Apertur, noch viele Empfänger notwendig sind.

Nach einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung können
10 bei der Verwendung mehrerer Sensorelemente alle Signalpfade zwischen deren Sendern und Empfängern untereinander genutzt werden, wodurch eine Vielzahl von Reflexionspunkten die Zielobjektkonturen nachzeichnet. Dieses erlaubt besonders vorteilhaft, dass nicht nur Richtung und Abstand sondern auch
15 die räumliche Form von Zielobjekten oder Gegenständen erkannt wird.

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung können zusätzlich auch die Strahlkeulen der Sendeantennen geschwenkt
20 werden, um die Eindeutigkeit weiter zu erhöhen. Dabei kann nacheinander mit verschiedenen Antennenkeulen gesendet und empfangen werden. Z. B. kann abwechselnd mit einem Maximum und einer Nullstelle auf die Zielobjekte gezielt werden.

25 Kurzbeschreibung der Zeichnungen

Weitere Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung sowie der Aufbau und die Wirkungsweise verschiedener Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung werden unten mit Bezug
30 auf die begleitenden Zeichnungen beschrieben. Die begleitenden Zeichnungen veranschaulichen die vorliegende Erfindung und dienen zusammen mit der Beschreibung weiterhin dazu, die Grundsätze der Erfindung zu erklären und um es einem Fachmann auf dem betreffenden technischen Gebiet zu ermöglichen, die

Erfindung zu implementieren und sie zu verwenden. Dabei zeigen:

Fig. 1 das Problem der Geisterziel-Detektion bei einem Verfahren aus dem Stand der Technik, das die Triangulation zur Erfassung der Richtung eines Objektziels einsetzt;

Fig. 2 ein Sensorelement zur erfindungsgemäßen Bestimmung des Einfallswinkels bei einem einzigen Zielobjekt;

Fig. 3 die Überlagerung der Wellen aus zwei verschiedenen Richtungen bei einem Sensorelement der Fig. 2;

Fig. 4A ein erfindungsgemäßes Sensorelement mit einem Impulsgenerator zur Bestimmung des Einfallswinkels bei einem Zielobjekt oder einer Vielzahl von Zielobjekten;

Fig. 4B ein erfindungsgemäßes Sensorelement mit einem PN-Generator zur Bestimmung des Einfallswinkels bei einem Zielobjekt oder einer Vielzahl von Zielobjekten;

Fig. 4C eine Signal-Antwortfunktionen (z. B. Impulsantwort) über dem Abstand, wobei die Maxima der Signal-Antwortfunktionen an den Stellen von Zielobjekt-Abständen liegen;

Fig. 5 eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung mit einer Anordnung von drei Sensorelementen zu Erkennung eines ausgedehnten Objekts und eines punktförmigen Objekts;

Fig. 6 eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung mit einer Vielzahl von an einem Fahrzeug angebrachten Sensorelementen, die gemäß der Tabelle 1 im

Sendemultiplex betrieben werden;

Fig. 7 die Messung des Winkels zu einem oder mehreren Zeilobjekten mit der Schwenkung einer Sendekeule mit Maximum in Schwenkwinkel-Richtung, wobei die Keule der Empfangsantenne omnidirektional ist;

Fig. 8 die Messung des Winkels zu einem oder mehreren Zeilobjekten mit der Schwenkung einer gespaltenen Sendekeule mit Einbruch in Schwenkwinkel-Richtung, wobei die Keule der Empfangsantenne omnidirektional ist;

Fig. 9 die Messung des Winkels zu einem oder mehreren Zeilobjekten mit der Schwenkung einer Sendekeule mit Maximum in Schwenkwinkel-Richtung, wobei die Keule der Empfangsantenne schrittweise ebenfalls geschwenkt wird; und

Fig. 10 die Messung des Winkels zu einem oder mehreren Zeilobjekten mit der Schwenkung einer gespaltenen Sendekeule mit Einbruch in Schwenkwinkel-Richtung, wobei die gespaltene Keule der Empfangsantenne schrittweise ebenfalls geschwenkt wird.

Beschreibung der bevorzugten Ausführungsformen

Unter Bezugnahme auf die Fig. 2 wird ein Sensorelement 10 zur erfindungsgemäßen Bestimmung des Einfallswinkels φ (Richtung) bei einem (nicht gezeigten) einzigen Zielobjekt gezeigt. Das Sensorelement 10 verfügt über eine Sendeantenne 11 und mindestens zwei Empfangsantennen 1 und 2. Jede der Empfangsantennen 1 und 2 ist mit einem jeweiligen Quadraturdetektor 21 und 22 verbunden, der die jeweiligen Signale U_1 und U_2 der Empfangsantennen in In-Phase (I) und Quadratur (Q) Signale demoduliert. Anschließend werden die demodulierten Signale

einer A/D-Wandlung in den jeweiligen Wandlern 31 und 31 unterzogen und über den Bus 40 der Verarbeitungseinheit 50 zugeführt, in der die Berechnung des Einfallswinkels φ der von dem einzigen Zielobjekt reflektierten Welle anhand des Phasenunterschieds zwischen den Empfangsantennen aufgrund der nachstehenden Formel erfolgt:

$$\sin \varphi \approx \frac{2}{\pi} \arctan \left(j \frac{\underline{u}_1 - \underline{u}_2}{\underline{u}_1 + \underline{u}_2} \right)$$

Weitere Einzelheiten zur Demodulation mit Quadraturdetektor sind den Fachleuten geläufig, wie aus der US-6 184 830 (Owens) oder US-5 541 608 (Murphy) ersichtlich, und werden daher hier nicht wiederholt.

Sind mehrere Zielobjekte zu detektieren, so kann allein mit zwei Empfangsantennen nach dem obigen Prinzip und obiger Formel keine eindeutige Winkelaussage mehr getroffen werden. In der Fig. 3 ist diese Problematik dargestellt, die die Überlagerung der Wellen aus zwei verschiedenen Richtungen an einem einzigen Sensorenelement, das gemäß der Fig. 2 aufgebaut ist, verdeutlicht.

Aus der Überlagerung der Wellen, welche von Zielobjekt 1 und 2 reflektiert wurden, ergibt sich aus dem Phasenunterschied zwischen den benachbarten Empfangsantennen ein Winkel, welcher sich aus dem Mittelwert der gewichteten Einfallswinkel α_1 und α_2 errechnet. Die Einfallswinkel α_1 und α_2 können nicht mehr einzeln aus dieser Information gewonnen werden. Um diese Einfallswinkel getrennt auflösen zu können, ist eine weitere Empfangsantenne vonnöten. Die Anzahl der auflösbaren Winkelbereiche, also die Winkelauflösung, wird durch die Anzahl der Empfangsantennen bestimmt. Für ein mehrzielfähiges

Radar-System muss daher eine Gruppenantenne mit sehr schmaler schwenkbarer Keule verwendet werden, wenn eine mechanisch schwenkbare Antenne vermieden werden soll. Die Apertur der Gruppenantenne ist folglich groß gegenüber der Wellenlänge und die Schaltung entsprechend teuer, da für jede Empfangs-
5 antenne ein eigener Empfänger oder ein HF-Schalter nötig sind.

10 In der erfindungsgemäßen Anordnung wird die Bestimmung der Richtung der Zielobjekte durch die zusätzliche Messung von Laufzeitunterschieden zwischen benachbarten Empfangsantennen in kleinen Antennenarrays ermittelt.

Wie in den Fig. 4A und 4B gezeigt, die jeweils Ausführungs-
15 formen der Erfindung mit Impuls- und PN-Generator zeigen, besteht die erfindungsgemäße Anordnung aus einem Sensorelement 10, welches die Abstände mehrerer (nicht gezeigter) Zielobjekte über die Laufzeitmessung detektiert und für jeden detektierten Abstand a_1 und a_2 getrennt den Phasenunterschied
20 zwischen zwei benachbarten Empfangsantennen 1 und 2 erfasst, aus dem dann jeweils für jeden Abstand eine ihm zugeordnete Winkelaussage α_1 und α_2 errechnet wird. Uneindeutige Winkelaussagen sind nur noch in den Fällen möglich, in denen zwei oder mehrere Zielobjekte zu dem einen Sensorelement den
25 selben Abstand haben.

Sendeseitig wird ein zeitlich veränderliches Signal durch einen Impuls-Generator 60 bzw. einen PN-Generator 60' über die Sendeantenne 11 an die Umgebung gesendet und an mehreren
30 Zielobjekten zurückgestreut. An den im Abstand von z. B. vorzugsweise einer halben Wellenlänge voneinander positionierten Empfangsantennen 1 und 2 wird das zurückgestreute Signal jeweils empfangen und nach Betrag und Phase in das Basisband durch die gezeigte Schaltung analog zur Schaltung

der Fig. 2 transportiert. In jedem der beiden Empfangspfade wird eine komplexe Signal-Antwortfunktion über dem Abstand gebildet, wobei die Phase der komplexen Funktionswerte der Phase des empfangenen Signals entspricht. So ergibt sich

5 beispielsweise aus der Impulsantwort im Falle eines Impulsradars bzw. aus der Korrelationsfunktion im Falle eines PN-(Pseudo-Noise-Code)-Radars jeweils eine Antwortfunktion über dem Abstand vom Sensor, welche in jenen Abständen zum Sensor Maxima aufweist, in denen sich Reflexionspunkte, also Zielobjekte befinden. Vorzugsweise erfolgt die Korrelation über

10 eine vorgegebene Verzögerung, die über die jeweiligen programmierbaren Delay-Elemente 61 bereitgestellt wird. An jedem der Maxima kann die Phase des vom jeweiligen Zielobjekt rückgestreuten Signals abgelesen werden, da die Phase bis in das

15 Basisband durchtransportiert wurde. Vergleicht man nun die beiden in den zwei Empfangspfaden erzeugten Antwortfunktionen, so kann für jedes Zielobjekt, also für jedes Maximum, der Phasenunterschied $\Delta\phi$ der jeweils von diesem Zielobjekt rückgestreuten Signale ermittelt werden. Dieser Phasenunterschied ist auch zwischen den Empfangsantennen vorhanden. Die

20 Maxima, an denen die Phasenunterschiede $\Delta\phi_1$ und $\Delta\phi_2$ der reflektierten Signale der Zielobjekte 1 und 2 ermittelt werden, sind aus der Fig. 4C ersichtlich, in der exemplarisch anhand der Impulsantwort die Signal-Antwortfunktionen über dem Abstand dargestellt werden. Die Maxima befinden sich, wie bereits vorstehend erläutert, an der Stelle von Zielobjekt-

25 Abständen. Die Antwortfunktion am ersten Empfangspfad zum und vom ersten Zielobjekt wird mit einer durchgehenden Linie dargestellt. Die Antwortfunktion am zweiten Empfangspfad zum und vom zweiten Zielobjekt wird mit einer gestrichelten Linie

30 dargestellt.

Aus dem Phasenunterschied zwischen den an den beiden Empfangsantennen vorhandenen Signalen kann nun für jedes Ziel-

objekt getrennt auf den jeweiligen Einstrahlwinkel α_1 und α_2 nach dem Prinzip retrodirektiver Arrays geschlossen werden.

5 Befindet sich z. B. ein Zielobjekt im Winkel α_1 und ein weiteres Zielobjekt im Winkel α_2 zu den benachbarten Empfangsantennen 1 und 2, so kann der Einfallswinkel α_1 und α_2 der von dem Zielobjekt reflektierten Welle jeweils aus dem Phasenunterschied zwischen den Empfangsantennen errechnet werden mit den jeweiligen Formeln:

Wie unter anderem aus der Fig. 4C verständlich, fallen die Maxima bei zwei im gleichen oder im annähernd gleichen Abstand zum dem einen Sensorelement befindlichen Zielobjekten
15 zusammen, so dass keine eindeutige Detektion der Einfallswinkel α_1 und α_2 möglich ist.

20 Erfindungsgemäß wird in diesem Fall der Einsatz von zwei oder mehreren Sensorelementen, welche an verschiedenen Standpunkten angebracht werden, vorgeschlagen. Dieses erzeugt dann die Eindeutigkeit, da zwei oder mehrere Objektziele, die zu einem der Sensorelemente den gleichen Abstand haben, zu dem anderen Sensorelement bzw. den anderen Sensorelementen jeweils einen

$$\sin \alpha_1 = \frac{2}{\pi} \arctan \left(j \frac{\underline{u}_{11} - \underline{u}_{21}}{\underline{u}_{11} + \underline{u}_{21}} \right)$$

$$\sin \alpha_2 = \frac{2}{\pi} \arctan \left(j \frac{\underline{u}_{12} - \underline{u}_{22}}{\underline{u}_{12} + \underline{u}_{22}} \right)$$

verschiedenen Abstand haben müssen. Kann also der Winkel von zwei Zielobjekten an einem Sensorelement nicht erfasst werden, da die Zielobjekte in der selben Abstandszelle liegen, so kann die Lage der Zielobjekte in jedem der weiteren Sensorelemente bestimmt werden, da die Zielobjekte bezüglich dieser Sensorelemente in verschiedenen Abstandszellen liegen. Grundsätzlich sind zwei Sensorelemente ausreichend, um auf diese Weise die Positionen aller Zielobjekte zu orten. Weitere Sensorelemente können jedoch zur Erhöhung der Genauigkeit und Vergrößerung des Eindeutigkeitsbereiches dienen und stellen darüber hinaus vorteilhaft eine Sicherung dar, falls an einem der Sensorelemente kein oder ungenügender Empfang herrscht.

Fig. 5 zeigt die Erkennung der Konturlinie eines ausgedehnten Zielobjektes (z. B. Stoßstange) und eines "punktförmigen" Zielobjektes (z. B. Laternenmast) mit drei vernetzten Sensorelementen 10, 10' und 10".

Die Winkelerkennung in jedem Sensorelement 10, 10' und 10" ist nötig, um eine eindeutige Aussagen über die Lage der Streupunkte zu erhalten und erfolgt analog zu den vorstehend geschilderten Ausführungsformen der Erfindung. Der Einsatz von mehreren Sensorelementen 10, 10' und 10" an verschiedenen Standpunkten bewirkt, dass keine falschen Winkelangaben entstehen, wenn mehrere Streupunkte den gleichen Abstand zu einem Sensorelement haben. Zudem können an ausgedehnten Zielobjekten (wie z. B. Stoßstangen) mindestens die Anzahl von Streupunkten detektiert werden, die auch die Anzahl der Sensorelemente ist. Die Vernetzung aller Sensorelemente über deren Funkstrecke bewirkt, dass an ausgedehnten Zielobjekten (wie z. B. Stoßstangen) mindestens die Anzahl von Streupunkten detektiert werden, die gleich der Anzahl der möglichen Paar-Kombinationen zwischen allen Sensorelementen ist, wie in

der Fig. 5 gezeigt. Auch ein weiteres Zielobjekt wie z. B. ein Laternenmast kann von den Sensoren gleichzeitig detektiert werden.

- 5 Die Auswertung der Messergebnisse der vernetzten Sensorelementen erfolgt über eine geeignete Programmierung der Verarbeitungseinheit, die die Phasen- und Abstandsinformation von jedem der Sensorelemente erhält, und die z. B. bei Uneindeutigkeit (kein Abstand zwischen den erfassten Maxima) die unverwertbare Information herausfiltert und nur die Information
 10 des günstig liegenden Sensorenelements auswertet.

Bei der Ausführungsform der Fig. 5 mit einer Vielzahl von Sensorelementen können diese in Form von PN-Code-Sensoren
 15 gleichzeitig aneinander vorbei senden und empfangen, oder im Zeitmultiplex, wie in der folgenden beispielhaft beschriebenen Tabelle 1.

20

25

Tabelle 1

		Senden:	Empfangen:	
1 Sequenz	0.1ms	Sensor A	B,C,D,E,F,G,H	
	0.2ms	Sensor B	A, C,D,E,F,G,H	Erkennung von Körpern durch Radarbetrieb
		⋮	⋮	
	0.8ms	Sensor H	A,B,C,D,E,F,G	Erkennung der Sensoren anderer Fahrzeuge
	0.9ms	kein Sensor	A,B,C,D,E,F,G,H	

Die im Zeitmultiplex betriebenen Sensorelemente A bis H der Tabelle 1 können gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wie in der Fig. 6 gezeigt an einem Fahrzeug angebracht werden, um alle relevanten Detektionsrichtungen abzudecken.

Nunmehr wird unter Bezugnahme auf die Figuren 7 bis 10 eine weitere Ausführungsform der Winkelerkennung mit kleinen Antennengruppen beschrieben. Dabei werden verschiedene Formen der Strahlschwenkung und die Anwendung des Prinzips intelligenter Antennen auf die Ortung von verschiedenen Standpunkten aus eingesetzt.

Ist auch in Senderichtung eine kleine Gruppe von Sendean-
tennen vorhanden, wobei jede Antenne oder zumindest jede Untergruppe jeweils getrennt nach Amplitude und Phase angesteuert werden kann, so können Antennenkeulen verschiedener Art erzeugt und geschwenkt werden. Die Vielfalt der möglichen Antennenkeulen führt dazu, dass die Winkelauflösung des Systems höher wird, indem nacheinander mehrere Arten von Sendean-
tennenkeulen geschwenkt werden und gleichzeitig die Empfangskeulen geschwenkt werden. Man kann also vier Freiheitsgrade nutzen, um die Art der Winkelmessung zu variieren:

1. Form der Sende-Antennenkeule (z. B. mit Maximum oder mit Einbruch in Richtung des Schwenkwinkels)
2. Form der Empfangs-Antennenkeule,
3. Schwenkwinkel der Sende-Antennenkeule, und
4. Schwenkwinkel der Empfangs-Antennenkeule.

30

Diese vier Freiheitsgrade sind unabhängig voneinander. Variiert man die Winkelmessung nach allen vier Freiheitsgraden nacheinander, so erhöht sich die Genauigkeit der Winkelaussage um ein vielfaches im Vergleich zu einer Winkelmessung,

die nur durch die Schwenkung einer einzigen Keulenart zustande kommt. Als ein fünfter Freiheitsgrad kann das Vorhandensein weiterer synchronisierter Sensorelemente gesehen werden, die in beliebiger Kombination gleichzeitig senden können.

5 Hier werden also auch die unterschiedlichen räumlichen Standpunkte der Sensorelemente für eine Steigerung der Variabilität der Messungen genutzt.

10 Es ergibt sich somit eine Vielfalt verschiedener Winkelmessungen, die in Summe eine weitaus höhere Aussagekraft bezüglich Mehrzielfähigkeit und Genauigkeit besitzen als in einer einzigen konventionellen Winkelmessung. Einige exemplarische Anordnungen, die Variationen der Erfindung anhand der vorstehenden vier Freiheitsgrade verdeutlichen, wird in dem
15 nachstehenden Beispiel erläutert.

Beispiel: Anordnung mit Sendeantenne A und Empfangsantenne B: Unter Bezugnahme auf die Fig. 7 wird mit einer Antennenkeule, deren Maximum in Richtung des Schwenkwinkels α liegt, zuerst
20 eine grobe Winkelabtastung vorgenommen, deren Auflösung durch die Breite der Antennenkeule gering ist. Für die Verbesserung der Auflösung in dieser Messung könnte nur durch die Verwendung größerer Arrays die Breite der Antennenkeule verkleinert werden. Um große Arrays zu ersparen, wird hier nacheinander
25 die Art der Messungen anhand der vorstehenden vier Freiheitsgrade variiert.

In der Messung 1 erfolgt, wie aus der Fig. 7 zu ersehen, die Schwenkung einer Sendekeule mit einem Maximum in Schwenkwinkel-Richtung, wobei die Keule der Empfangsantenne omnidirektional ist.
30

In der Messung 1 entstehen Maxima in der Übertragung oder zumindest höhere Übertragungswerte für jene Schwenkwinkel α ,

welche auf Zielobjekte oder Streupunkte auf Zielobjekten gerichtet sind .

5 In der nachfolgenden Messung 2 wird, wie in der Fig. 8 gezeigt, eine gespaltene Antennenkeule geschwenkt. An den Schwenkwinkeln α , welche auf Zielobjekte bzw. Streupunkte auf Zielobjekten gerichtet sind, entstehen nun erwartungsgemäß Minima. Da die Störeffekte durch Überlagerung der Rückstreuungen anderer Zielobjekte bei dieser Messung anders sind als
10 bei Messung 1, kann der Einfluss der Störeffekte auf die Messgenauigkeit dann verkleinert werden, wenn man die Ergebnisse von Messung 1 und Messung 2 gemeinsam verarbeitet. Ein Zielobjekt befindet sich also bevorzugt in der Richtung α , wenn die Messung 1 einen erhöhten Wert und die Messung 2
15 gleichzeitig ein Minimum anzeigt.

Schwenkt man nun auch die Empfangskeule in verschiedenen Variationen, wie in den Figuren 9 und 10 gezeigt, so kann aus der Vielfalt der Messergebnisse auf die Richtungen der Ziel-
20 objekte mit großer Genauigkeit geschlossen werden. So z. B. Erfolgt in der Messung gemäß der Fig. 9 die Schwenkung einer Sendekeule mit Maximum in Schwenkwinkel-Richtung, wobei die Keule der Empfangsantenne schrittweise ebenfalls geschwenkt wird. In der Fig. 10 erfolgt die Messung 4 mit Schwenkung
25 einer gespaltene Sendekeule mit Einbruch in Schwenkwinkel-Richtung, wobei die gespaltene Keule der Empfangsantenne schrittweise ebenfalls geschwenkt wird.

30 Wenn Merkmale in den Ansprüchen mit Bezugszeichen versehen sind, so sind diese Bezugszeichen lediglich zum besseren Verständnis der Ansprüche vorhanden. Dementsprechend stellen solche Bezugszeichen keine Einschränkungen des Schutzzumfangs solcher Elemente dar, die nur exemplarisch durch solche Bezugszeichen gekennzeichnet sind.

DaimlerChrysler AG

Farago/Finkele

Patentansprüche

5 1. Mehrzielfähiges Verfahren für die Abstands- und Winkelortung von Zielobjekten im Nahbereich, das folgendes umfasst,

a) Senden eines charakteristischen Signals mittels einer Sendeantenne (11) eines ersten Sensorelements (10);

10 b) Empfangen des reflektierten charakteristischen Signals an mindestens zwei benachbarten Empfangsantennen (1, 2) des ersten Sensorelements (10);

15 c) Messung der Laufzeitunterschiede des reflektierten charakteristischen Signals zu den zwei benachbarten Empfangsantennen (1, 2) des ersten Sensorelements (10) zur Bestimmung der Abstände der Zielobjekte zum ersten Sensorelement (10); und

20 d) Messung der Phasenunterschiede des reflektierten charakteristischen Signals zwischen den zwei benachbarten Empfangsantennen (1, 2) des ersten Sensorelements (10) zur Bestimmung der Winkel der Zielobjekte zum ersten Sensorelement (10).

25 2. Verfahren nach Anspruch 1, das die folgenden Schritte umfasst, die mittels mindestens eines weiteren Sensorelements (10', 10'') durchgeführt werden, das vom ersten Sensorelement (10) beabstandet ist:

e) Senden des charakteristischen Signals mittels einer

Sendeantenne des zweiten Sensorelements (10', 10");

f) Empfangen des reflektierten charakteristischen Signals an mindestens zwei benachbarten Empfangsantennen (1, 2) des zweiten Sensorelements (10', 10");

g) Messung der Laufzeitunterschiede des reflektierten charakteristischen Signals zu den zwei benachbarten Empfangsantennen (1, 2) des zweiten Sensorelements (10', 10") zur Bestimmung der Abstände der Zielobjekte zum zweiten Sensorelement (10', 10"); und

h) Messung der Phasenunterschiede des reflektierten charakteristischen Signals zwischen den zwei benachbarten Empfangsantennen (1, 2) des zweiten Sensorelements (10', 10") zur Bestimmung der Winkel der Zielobjekte zum zweiten Sensorelement (10', 10").

3. Verfahren nach Anspruch 2, das die Durchführung der Schritte e) bis h) umfasst, für den Fall, dass die im ersten Sensorelement (10) gemessenen Laufzeitunterschiede annähernd oder gleich Null sind.

4. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1-3, wobei das charakteristische Signal ein FMCW-, Impuls- oder Pseudo-Noise-Signal ist.

5. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1-4, das weiterhin die Vernetzung einer Vielzahl von Sensorelementen (10, 10', 10") umfasst.

6. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1-5, das weiterhin einen oder mehrere der folgenden Schritte in beliebiger Reihenfolge umfasst:

Variieren der Form der Keule der Sendeantennen;
Variieren der Form der Keule der Empfangsantennen,
Variieren des Schwenkwinkels der Keule der Sendeanten

nen, oder

Variieren des Schwenkwinkels der Keule der Empfangsantennen.

5 7. Verfahren nach Anspruch 6, wobei das Variieren der Form der Keule mit einem Maximum oder mit einem Einbruch in Richtung des Schwenkwinkels erfolgt.

10 8. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 2-7, wobei der Abstand von zwei Sensorelementen größer ist als Abstandsauflösung eines jeden der Sensorelements.

15 9. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1-8, wobei die Messung der Laufzeitunterschiede des reflektierten charakteristischen Signals die Erfassung der Maxima der Signal-Antwortfunktionen des charakteristischen Signals umfasst und wobei die Messung der Phasenunterschiede an den jeweiligen Maxima erfolgt.

20 10. Mehrzielfähige Sensorvorrichtung für die Abstands- und Winkelortung von Zielobjekten im Nahbereich, die ein erstes Sensorelements (10) mit einer Sendeantenne (11) und mindestens zwei benachbarten Empfangsantennen (1, 2) umfasst, wobei die Sendeantenne (11) des ersten Sensorelements (10) ausgebildet ist, um ein charakteristisches Signal zu senden;
25 wobei die mindestens zwei benachbarten Empfangsantennen (1, 2) des ersten Sensorelements (10) ausgebildet sind, um das reflektierte charakteristische Signals zu empfangen;
30 wobei die Sensorvorrichtung weiterhin Mittel (21, 22, 31, 32, 40, 50) umfasst, die ausgebildet sind, um die Laufzeitunterschiede des reflektierten charakteristischen Signals zu den zwei benachbarten

Empfangsantennen (1, 2) des ersten Sensorelements (10) zur Bestimmung der Abstände der Zielobjekte zum ersten Sensorelement (10) zu messen; und
um die Phasenunterschiede des reflektierten charakteristischen Signals zwischen den zwei benachbarten Empfangsantennen (1, 2) des ersten Sensorelements (10) zur Bestimmung der Winkel der Zielobjekte zum ersten Sensorelement (10) zu messen.

- 10 11. Sensorvorrichtung nach Anspruch 10, die mindestens ein weiteres Sensorelement (10', 10'') umfasst, das vom ersten Sensorelement (10) beabstandet ist,
wobei die Sendeantenne (11) des zweiten Sensorelements (10', 10'') ausgebildet ist, um das charakteristische
15 Signal zu senden;
wobei die mindestens zwei benachbarten Empfangsantennen (1, 2) des zweiten Sensorelements (10', 10'') ausgebildet sind, um das reflektierte charakteristische Signals zu empfangen;
20 wobei die Mittel (21, 22, 31, 32, 40, 50) weiterhin ausgebildet sind,
um die Laufzeitunterschiede des reflektierten charakteristischen Signals zwischen den zwei benachbarten Empfangsantennen (1, 2) des zweiten Sensorelements (10', 10'') zur Bestimmung der Abstände der Zielobjekte zum
25 zweiten Sensorelement (10', 10'') zu messen; und
um die Phasenunterschiede des reflektierten charakteristischen Signals zwischen den zwei benachbarten Empfangsantennen (1, 2) des zweiten Sensorelements (10', 10'') zur Bestimmung der Winkel der Zielobjekte zum
30 zweiten Sensorelement (10', 10'') zu messen.

12. Sensorvorrichtung nach Anspruch 11, wobei die Mittel (21, 22, 31, 32, 40, 50) weiterhin ausgebildet sind, die

Laufzeit- und Phasenunterschiede mittels des zweiten Sensorelements (10', 10'') zu erfassen, falls die im ersten Sensorelement (10) gemessenen Laufzeitunterschiede annähernd oder gleich Null sind.

5

13. Sensorvorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 10-12, wobei das charakteristische Signal ein FMCW-, Impuls- oder Pseudo-Noise-Signal ist.

10 14. Sensorvorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 10-13, wobei eine Vielzahl von Sensorelementen (10, 10', 10'') vernetzt ist.

15 15. Sensorvorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 10-14, wobei die Sende- und/oder Empfangsantennen ausgebildet sind:

20 die Form der Keule der Sendeantennen zu variieren;
die Form der Keule der Empfangsantennen zu variieren,
den Schwenkwinkel der Keule der Sendeantennen zu
variieren, oder
den Schwenkwinkel der Keule der Empfangsantennen zu
variieren.

25 16. Sensorvorrichtung nach Anspruch 15, wobei das Variieren der Form der Keule mit einem Maximum oder mit einem Einbruch in Richtung des Schwenkwinkels erfolgt.

30 17. Sensorvorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 11-16, wobei der Abstand von zwei Sensorelementen größer ist als die Abstandsauflösung eines jeden der Sensorelemente.

18. Sensorvorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 11-17, wobei die Mittel (21, 22, 31[^], 32, 40, 50) weiterhin ausgebildet sind, die Messung der Laufzeitunterschiede

des reflektierten charakteristischen Signals anhand der Maxima der Signal-Antwortfunktionen des charakteristischen Signals durchzuführen, wobei die Messung der Phasenunterschiede an den jeweiligen Maxima erfolgt.

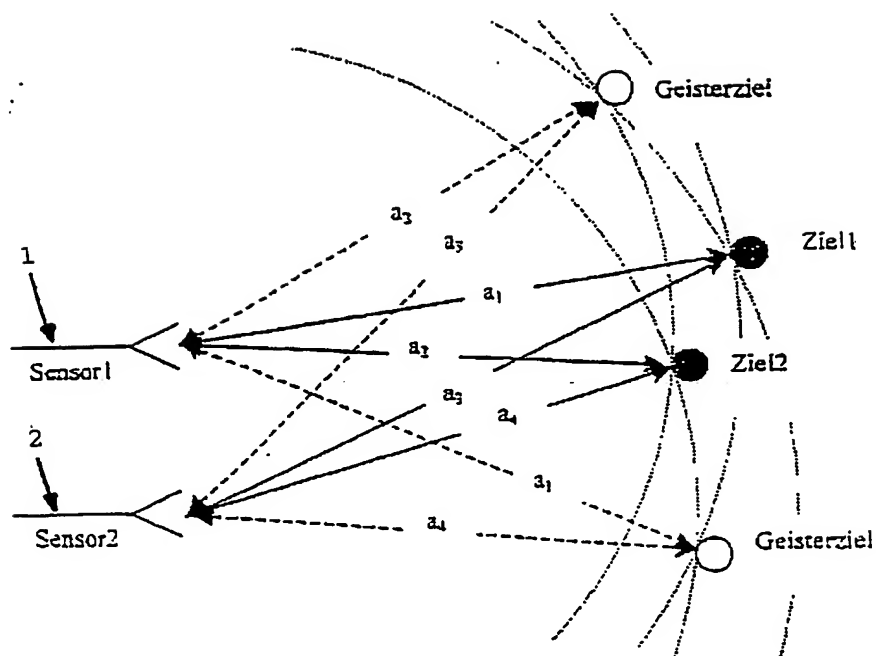


Fig. 1

Stand der Technik

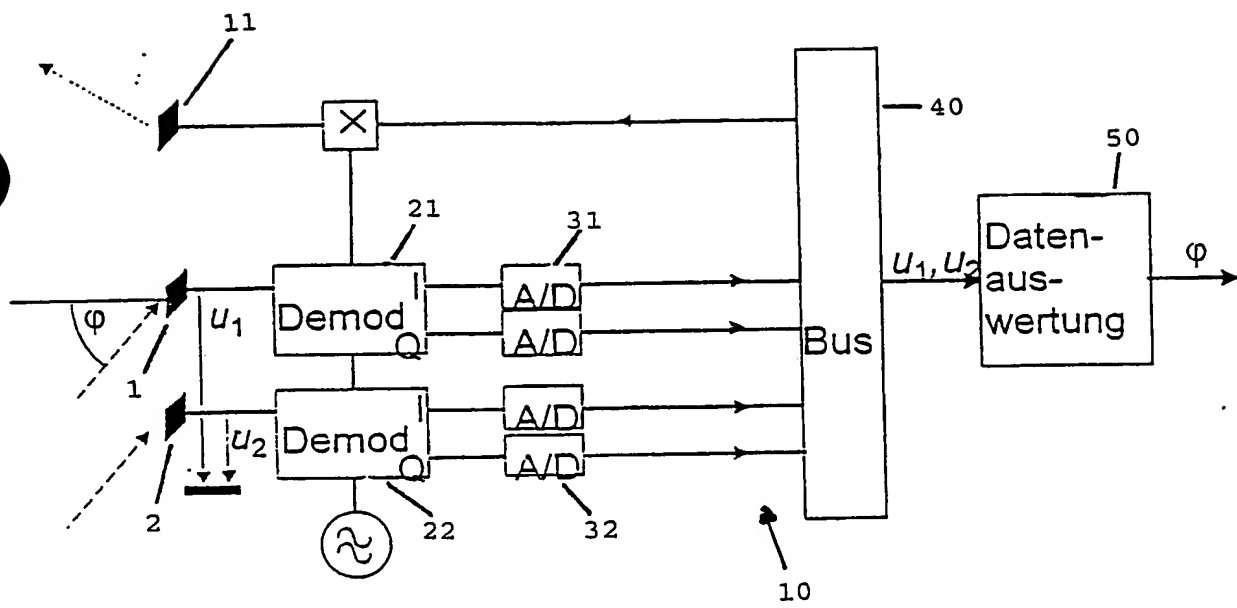


Fig. 2.

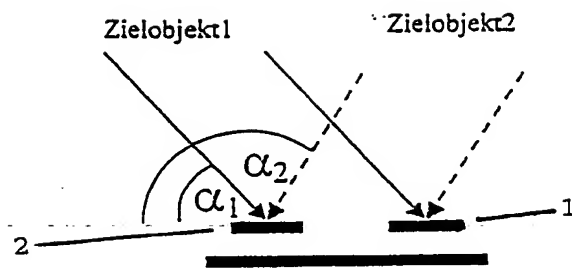


Fig. 3

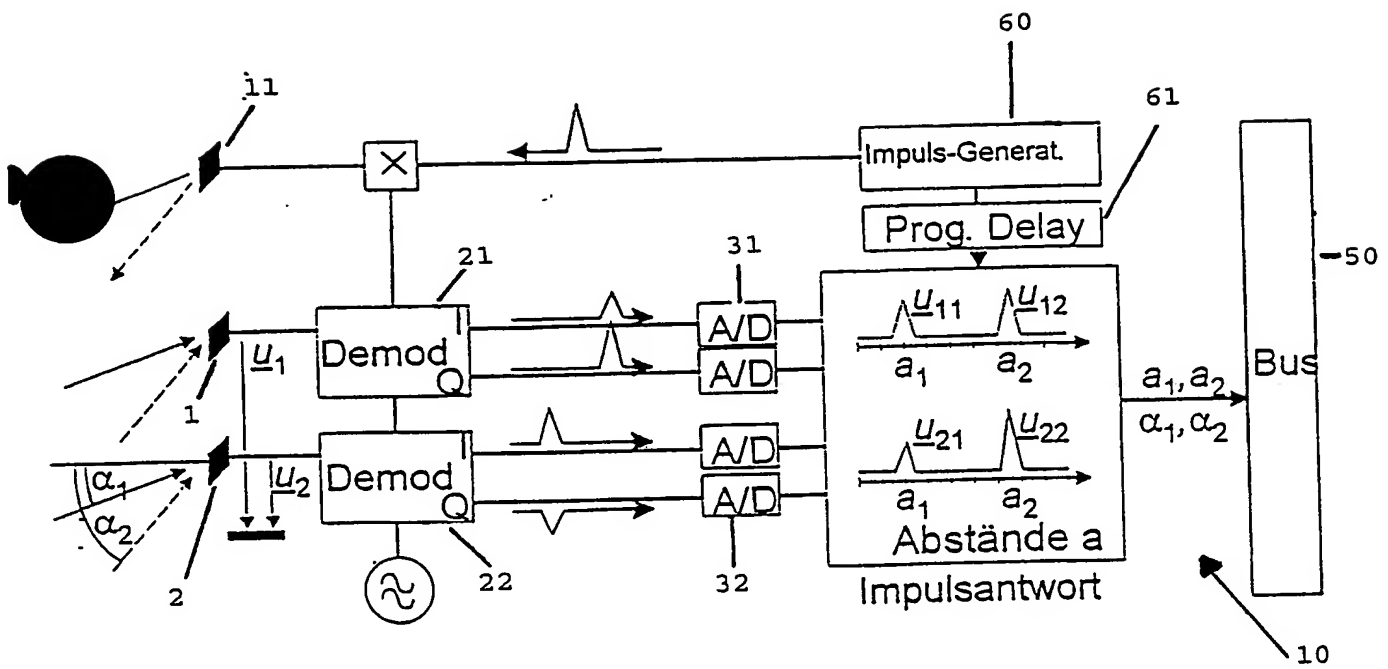


Fig. 4a

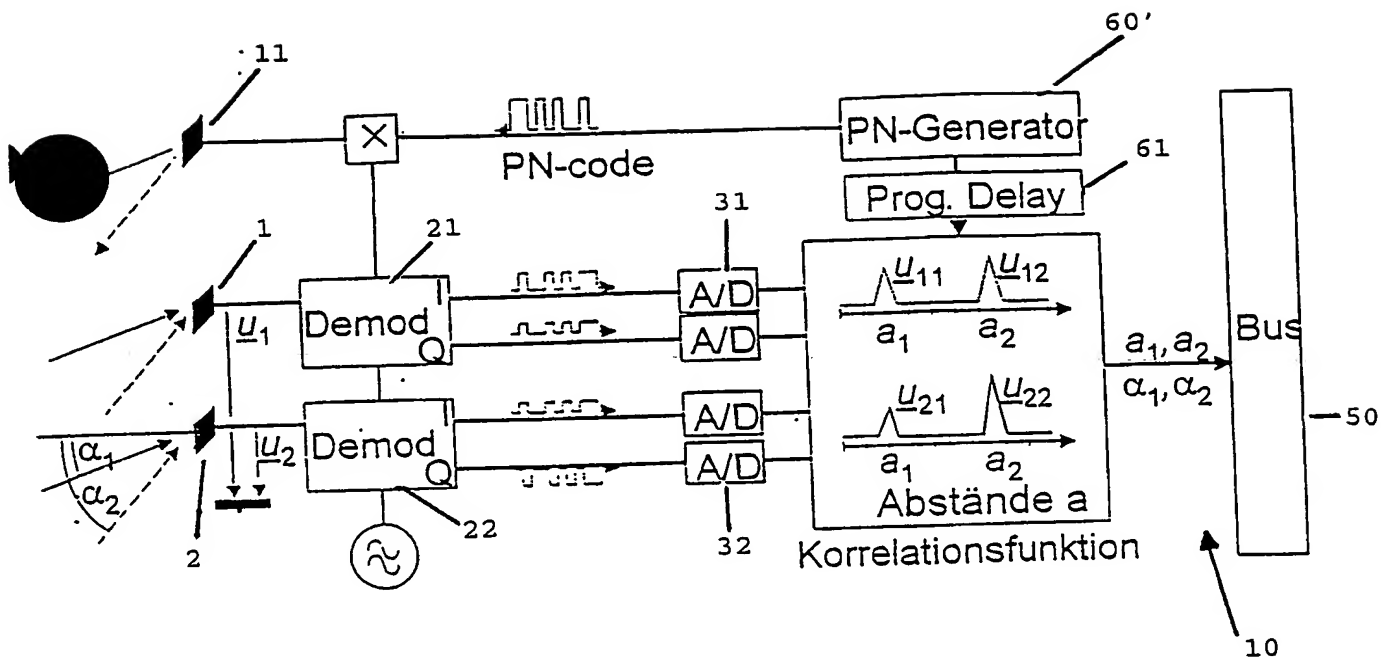


Fig. 4b

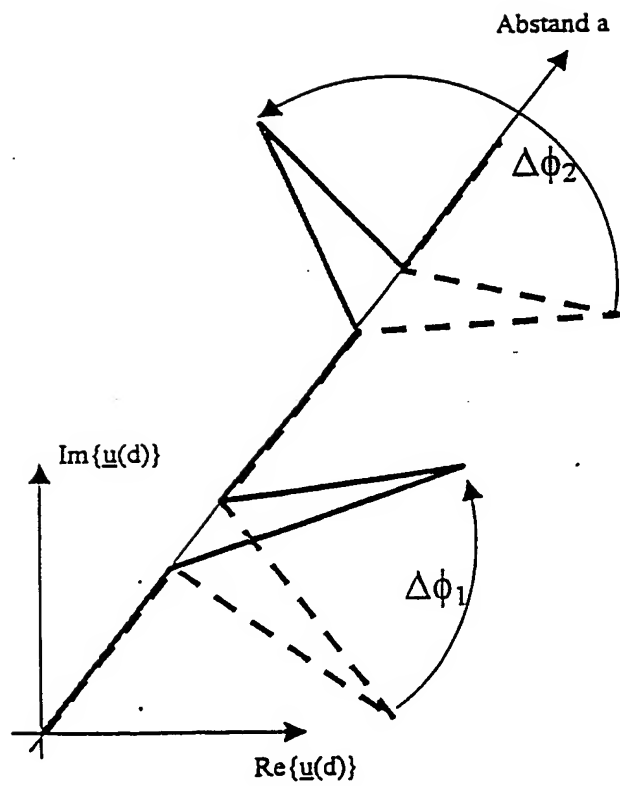


Fig. 4c

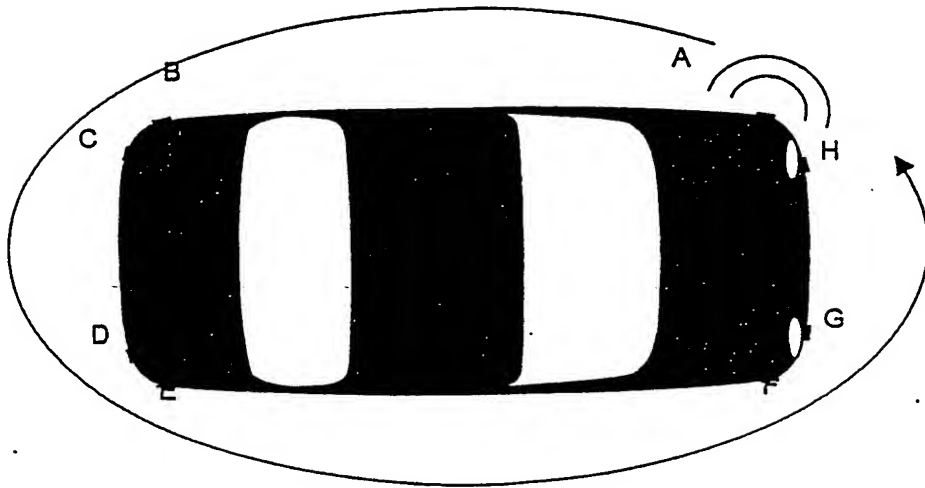


Fig. 6

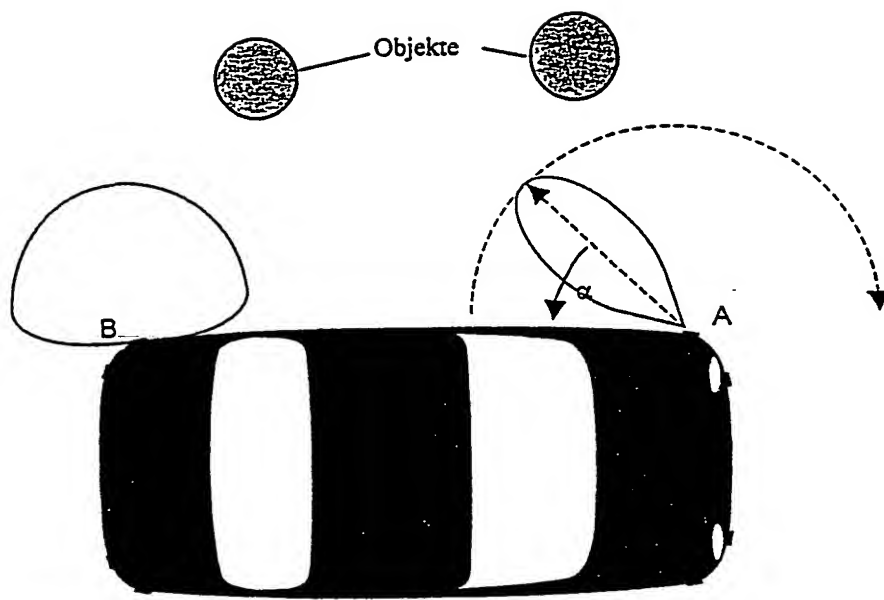


Fig. 7

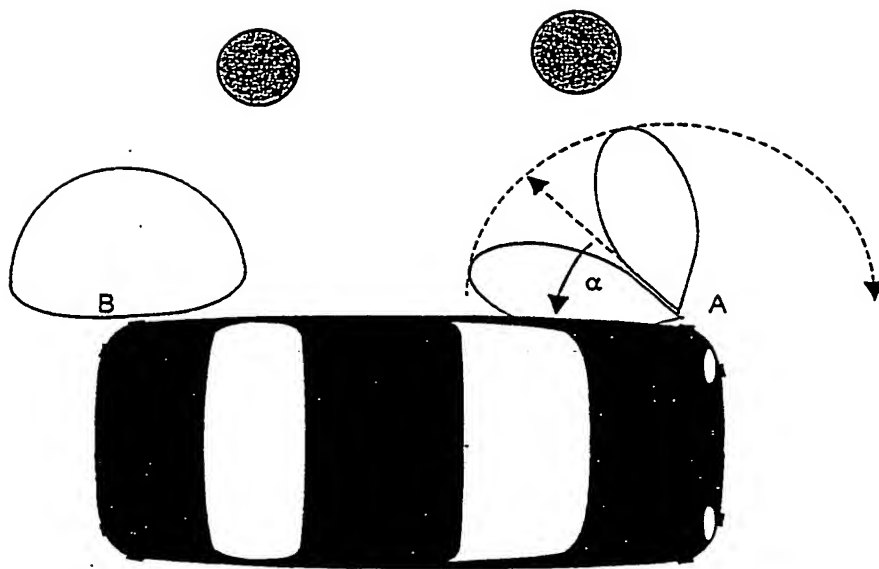


Fig. 8

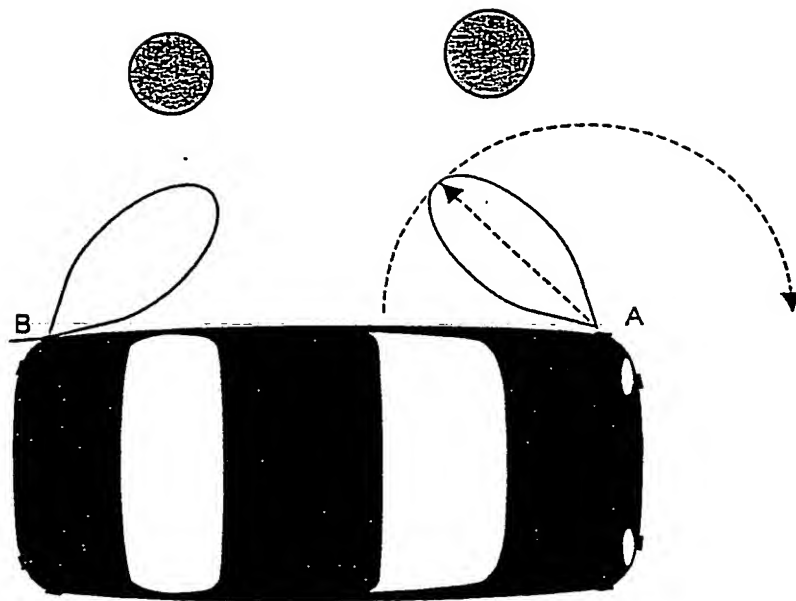


Fig. 9

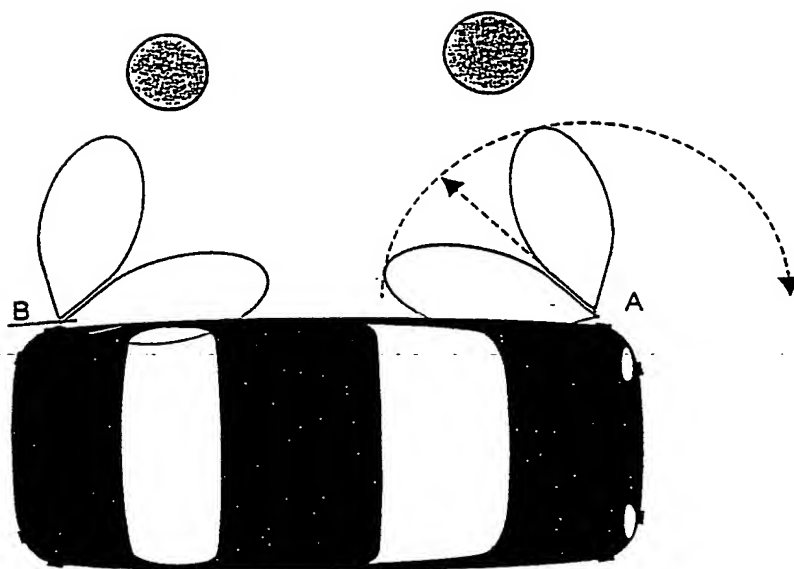


Fig. 10

DaimlerChrysler AG

Farago/Finkele

ZusammenfassungMehrzielfähiges Verfahren und mehrzielfähige Sensorvorrichtung für die Abstands- und Winkelortung von Zielobjekten im Nahbereich

Die Erfindung betrifft eine mehrzielfähiges Verfahren für die Abstands- und Winkelortung von Zielobjekten im Nahbereich, das folgendes umfasst: a) Senden eines charakteristischen Signals mittels einer Sendeantenne (11) eines ersten Sensorelements (10); b) Empfangen des reflektierten charakteristischen Signals an mindestens zwei benachbarten Empfangsantennen (1, 2) des ersten Sensorelements (10); c) Messung der Laufzeitunterschiede des reflektierten charakteristischen Signals zu den zwei benachbarten Empfangsantennen (1, 2) des ersten Sensorelements (10) zur Bestimmung der Abstände der Zielobjekte zum ersten Sensorelement (10); und d) Messung der Phasenunterschiede des reflektierten charakteristischen Signals zwischen den zwei benachbarten Empfangsantennen (1, 2) des ersten Sensorelements (10) zur Bestimmung der Winkel der Zielobjekte zum ersten Sensorelement (10). Die Erfindung betrifft ebenfalls eine Vorrichtung, die das obige Verfahren implementiert.

(Fig. 4A)

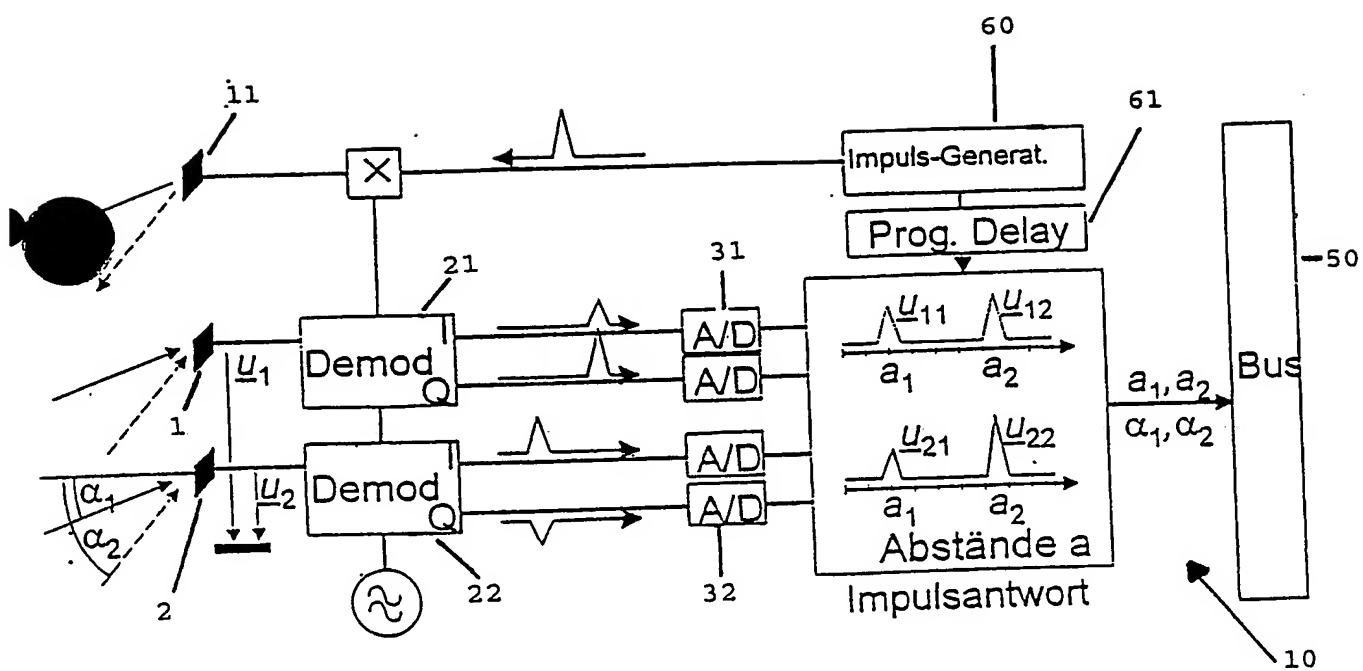


Fig. 4a

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☒ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☒ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.